

Rec'd PCT/PTO 28 FEB 2005  
PCT/JP03/09735

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

31.07.03  
REC'D 19 SEP 2003  
WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2003年 7月10日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2003-195397  
[ST. 10/C]: [JP2003-195397]

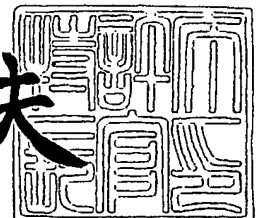
出 願 人  
Applicant(s): TDK株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 9月 5日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 99P05594

【提出日】 平成15年 7月10日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01F 1/34

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 T D K株式会社  
内

【氏名】 福地 英一郎

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 T D K株式会社  
内

【氏名】 高川 建弥

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 T D K株式会社  
内

【氏名】 村瀬 琢

【特許出願人】

【識別番号】 000003067

【氏名又は名称】 T D K株式会社

【その他】 平成 1 5 年 6 月 2 7 日付けで名称変更届を提出しております。

【代理人】

【識別番号】 100100077

【弁理士】

【氏名又は名称】 大場 充

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 085823

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書  
【発明の名称】 フェライト材料  
【特許請求の範囲】

【請求項1】  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ：62～68mol%、 $\text{ZnO}$ ：12～20mol%、 $\text{LiO}_{0.5}$ ：4mol%未満（但し、0を含まず）、残部実質的に $\text{MnO}$ を主成分とする焼結体からなることを特徴とするフェライト材料。

【請求項2】 100℃における飽和磁束密度が490mT以上（測定磁界：1194A/m）であることを特徴とする請求項1に記載のフェライト材料。

【請求項3】 コア損失が最小値を示す温度であるボトム温度が60～130℃の範囲に存在することを特徴とする請求項1または2に記載のフェライト材料。

【請求項4】 前記焼結体中の $\text{LiO}_{0.5}$ 量が0.2～3mol%であることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のフェライト材料。

【請求項5】 コア損失の最小値が1200kW/m<sup>3</sup>以下（測定条件：100kHz、200mT）であることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載のフェライト材料。

【請求項6】 第1副成分として、 $\text{Si}$ を $\text{SiO}_2$ 換算で250ppm以下（但し、0を含まず）および $\text{Ca}$ を $\text{CaCO}_3$ 換算で2500ppm以下（但し、0を含まず）を含むことを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載のフェライト材料。

【請求項7】 前記 $\text{SiO}_2$ の含有量と前記 $\text{CaCO}_3$ の含有量との重量比（ $\text{SiO}_2$ の含有量/ $\text{CaCO}_3$ の含有量）が0.04～0.25であることを特徴とする請求項6に記載のフェライト材料。

【請求項8】 第2副成分として、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ：400ppm以下（但し、0を含まず）、 $\text{ZrO}_2$ ：1000ppm以下（但し、0を含まず）、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ：1000ppm以下（但し、0を含まず）、 $\text{In}_2\text{O}_5$ ：1000ppm以下（但し、0を含まず）、 $\text{Ga}_2\text{O}_5$ ：1000ppm以下（但し、0を含まず）の一種または二種以上を含むことを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載のフェライト材料。

【請求項 9】 第 3 副成分として、 $\text{SnO}_2$ ：10000 ppm 以下（但し、0 を含まず）および  $\text{TiO}_2$ ：10000 ppm 以下（但し、0 を含まず）の一種または二種を含むことを特徴とする請求項 1～8 のいずれかに記載のフェライト材料。

【請求項 10】 第 4 副成分として、P 換算での P の化合物：35 ppm 以下（但し、0 を含まず）、 $\text{MoO}_3$ ：1000 ppm 以下（但し、0 を含まず）、 $\text{V}_2\text{O}_5$ ：1000 ppm 以下（但し、0 を含まず）、 $\text{GeO}_2$ ：1000 ppm 以下（但し、0 を含まず）、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ：1000 ppm 以下（但し、0 を含まず）、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ：3000 ppm 以下（但し、0 を含まず）の一種または二種以上を含むことを特徴とする請求項 1～9 のいずれかに記載のフェライト材料。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、トランス、リアクタ、チョークコイル等の電子部品に好適に用いられるフェライト材料に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、電子機器の小型化、高出力化が進んでいる。それに伴い各種部品の高集積化、高速処理化が進み、電力を供給する電源ラインの大電流化が要求されている。

また、高温下においても所定の性能を保つ電源ラインが要求されている。これは、電源ラインが、部品（例えば CPU）などからの発熱にさらされる場合があるためである。また、電源ラインは、自動車用電子回路のように使用环境温度の高い条件においても、所定の性能を保つ必要がある。

したがって、電源ラインに用いられるトランスやリアクタにも、高温下において大電流で使用できるものが求められる。

これらトランスやリアクタに使用される材料としては、軟磁性金属材料とフェライト材料がある。さらに、フェライト材料は、 $\text{MnZn}$ 系フェライトと  $\text{Ni}$ 系フェライトに分類される。

軟磁性金属材料はフェライトに比べて飽和磁束密度が高いため、より大きな電流を流しても磁気飽和をおこさない。しかしながら、軟磁性金属材料は、一般的に損失が高い、値段が高い、比重が高い、防錆性に劣るといった問題がある。

一方、フェライトはコストパフォーマンスに優れ、数10kHzから数100kHzの周波数帯域において損失が低いという利点がある。また、MnZn系フェライトは、Ni系フェライトよりも飽和磁束密度が高い。このため、大電流用のトランスおよびチョークコイル（以下、両者を総称して、「トランス等」ということがある）には、MnZn系フェライトが一般的に使用されている。しかしながら、近年、より高温域、具体的には100℃近傍で使用される場合にも、高い飽和磁束密度を示すフェライト材料が求められている。上述のように、MnZn系フェライトはNi系フェライトよりも高い飽和磁束密度を示すものの、100℃近傍の高温域（以下、単に高温域という）では飽和磁束密度が不十分であった。

#### 【0003】

そこで、高温域における飽和磁束密度を向上するための検討が種々行われている。その中で例えば、特開2000-159523号公報（特許文献1）には、酸化鉄の含有量が60～75mol%、酸化亜鉛の含有量が0～20mol%（但し、0を含まず）および残部が酸化マンガングラン、100℃での飽和磁束密度が450mT以上であり、かつ50kHz、150mTでのコア損失の最小値が1500kW/m<sup>3</sup>以下であるフェライト焼結体が開示されている。

また、特公昭63-59241号公報（特許文献2）には、酸化マンガングランの含有量が13～50mol%、酸化亜鉛の含有量が0～20mol%（但し、0を含まず）、酸化ニッケル、酸化マグネシウム、酸化リチウムのうち少なくとも一種を0～26mol%、残部が酸化鉄45mol%以上からなる基本組成を有する500G以上の磁界中にて高温下駆動されるフェライト磁心が開示されている。

#### 【0004】

##### 【特許文献1】

特開2000-159523号公報（特許請求の範囲）

## 【特許文献2】

特公昭63-59241号公報（特許請求の範囲）

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

特開2000-159523号公報に開示されたフェライト焼結体は、 $MnZn$ 系フェライトの鉄量を増加することにより、高温域で高飽和磁束密度を実現しているが、より高い飽和磁束密度を示すフェライト材料が求められている。また、特開2000-159523号公報に開示された材料のうちで比較的損失が低い材料は、損失値が最小を示す温度（本明細書中でボトム温度という）が20℃近傍にある。この材料は、一般的なトランス、リアクタ用コアが使用される温度帯域である60～130℃において、損失の温度依存性が正の傾きになり、自己発熱による熱暴走の危険性を含んでいる。

## 【0006】

前述した特公昭63-59241号公報に開示されたフェライト磁心は、150℃以上の温度域での低損失化を図っているが、飽和磁束密度に関する考慮はなされていない。また、ボトム温度が150℃以上であるため一般的なトランス等が使用される温度帯域（60～130℃）では、損失、初透磁率の劣化を招く。

本発明は、このような技術的課題に基づいてなされたもので、一般的なトランス等が使用される温度帯域における飽和磁束密度が高く、かつ損失が低いフェライト材料の提供を課題とする。

## 【0007】

## 【課題を解決するための手段】

本発明者は、上記課題を解決するために種々様々な検討を行った。その結果、フェライト材料を構成する成分として、所定量の $Li$ を含有させることにより、高温域における飽和磁束密度が向上することを知見した。すなわち、本発明は、 $Fe_2O_3$ : 62～68mol%、 $ZnO$ : 12～20mol%、 $LiO_{0.5}$ : 4mol%未満（但し、0を含まず）、残部実質的に $MnO$ を主成分とする焼結体からなることを特徴とするフェライト材料を提供する。本発明者の検討によると、 $Li$ を含有させることで、室温における飽和磁束密度は低下する。ところが、

驚くべきことに、本発明が推奨する範囲内でのLiの含有は、高温域における飽和磁束密度を向上させるのである。なお、Li酸化物は、 $\text{Li}_2\text{O}$ と表記されるが、Li換算にて組成を計算するために、本発明ではLi酸化物を「 $\text{LiO}_{0.5}$ 」と表記する。

本発明のフェライト材料は、 $100^\circ\text{C}$ における飽和磁束密度が $490\text{ mT}$ 以上（測定磁界： $1194\text{ A/m}$ ）であるという優れた特性を備えることができる。

また、本発明のフェライト材料は、コア損失が最小値を示す温度であるボトム温度が $60\sim 130^\circ\text{C}$ の範囲に存在する。つまり、本発明のフェライト材料は、一般的なトランス等が使用される温度帯域にボトム温度を設定することができる。

#### 【0008】

本発明のフェライト材料において、焼結体中の $\text{LiO}_{0.5}$ 量が $0.2\sim 3\text{ mol}\%$ であることが望ましい。 $\text{LiO}_{0.5}$ 量を $0.2\sim 3\text{ mol}\%$ の範囲とすることで、高温域における飽和磁束密度をより一層向上させることができる。

また、本発明のフェライト材料は、コア損失の最小値が $1200\text{ kW/m}^3$ 以下（測定条件： $100\text{ kHz}$ 、 $200\text{ mT}$ ）という特性を備えることができる。つまり、 $\text{LiO}_{0.5}$ を $4\text{ mol}\%$ 未満で含有することを特徴とする本発明のフェライト材料によれば、高温域における高飽和磁束密度という特性と、低損失という特性を兼備することができる。

#### 【0009】

本発明のフェライト材料において、第1副成分として、Siを $\text{SiO}_2$ 換算で $250\text{ ppm}$ 以下（但し、0を含まず）およびCaを $\text{CaCO}_3$ 換算で $2500\text{ ppm}$ 以下（但し、0を含まず）を含むことが望ましい。ここで、第1副成分として、SiおよびCaを含有させる場合には、Si、Caをそれぞれ $\text{SiO}_2$ 換算、 $\text{CaCO}_3$ 換算で $\text{SiO}_2/\text{CaCO}_3$ （重量比）が $0.04\sim 0.25$ になるように設定することが有効である。

#### 【0010】

上述した本発明のフェライト材料において、さらに、第2副成分として、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ： $400\text{ ppm}$ 以下（但し、0を含まず）、 $\text{ZrO}_2$ ： $1000\text{ ppm}$ 以下



(但し、0を含まず)、 $Ta_2O_5$ : 1000 ppm以下 (但し、0を含まず)、 $In_2O_5$ : 1000 ppm以下 (但し、0を含まず)、 $Ga_2O_5$ : 1000 ppm以下 (但し、0を含まず) の一種または二種以上を含むことが望ましい。

さらにまた、第3副成分として、 $SnO_2$ : 10000 ppm以下 (但し、0を含まず) および  $TiO_2$ : 10000 ppm以下 (但し、0を含まず) の一種または二種を含むことができる。

#### 【0011】

ところで、フェライト材料において高い飽和磁束密度を得るためには、主組成中のFe量を増加させることが有効である。その一方で、Fe量の増加に伴い、焼結が進みにくくなるため、Fe-rich組成を選択した場合には、焼成温度を上昇させる必要がある。ところが、焼成温度を上昇させると、Zn成分が蒸発してしまい、コア損失が大きくなってしまう。さらに、焼成温度を上昇させることは、使用エネルギーの増大、使用炉材のコスト上昇等を招き、工業的にデメリットとなりうる。こうしたデメリットを排除しつつ、高温域における飽和磁束密度が高く、かつ低損失のフェライト材料を得るため、本発明者は様々な検討を行った。その結果、以下に述べる第4副成分が、低温焼成に有効に寄与することを知見した。

すなわち、本発明のMnZnLi系フェライト材料において、第4副成分として、P換算でのPの化合物: 35 ppm以下 (但し、0を含まず)、 $MoO_3$ : 1000 ppm以下 (但し、0を含まず)、 $V_2O_5$ : 1000 ppm以下 (但し、0を含まず)、 $GeO_2$ : 1000 ppm以下 (但し、0を含まず)、 $Bi_2O_3$ : 1000 ppm以下 (但し、0を含まず)、 $Sb_2O_3$ : 3000 ppm以下 (但し、0を含まず) の一種または二種以上を含むことが望ましい。これらの第4副成分を含有させることで、1350℃以下、さらには1300℃近傍という比較的低温での焼成が可能となる。詳しくは後述するが、第4副成分を本発明が推奨する範囲で含有させることによって、1350℃以下で焼成した場合にも、高温域における飽和磁束密度が高く、かつ低損失のフェライト材料を得ることが可能となる。

#### 【0012】

## 【発明の実施の形態】

はじめに、本発明における成分の限定理由を説明する。 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ の量を増加すると高温域における飽和磁束密度が向上する一方、コア損失が劣化する傾向にある。 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ が62mol%より少ないと高温域における飽和磁束密度が低下する。一方、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ が68mol%を超えるとコア損失の増大が顕著となる。したがって、本発明では $\text{Fe}_2\text{O}_3$ を62～68mol%とする。この範囲では、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 量の増加に伴ってボトム温度は高温側へシフトするが、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 量が62～68mol%の範囲内にある場合には、ボトム温度を60～130℃の範囲に設定することができる。望ましい $\text{Fe}_2\text{O}_3$ の量は63～67mol%、さらに望ましい $\text{Fe}_2\text{O}_3$ の量は63～66mol%である。

## 【0013】

$\text{ZnO}$ の量も飽和磁束密度およびコア損失に影響を与える。 $\text{ZnO}$ が12mol%より少ないと飽和磁束密度が低下するとともに、損失が大きくなる。また、 $\text{ZnO}$ が20mol%を超えても飽和磁束密度が低下するとともに、損失が大きくなる。したがって本発明では $\text{ZnO}$ を12～20mol%とする。 $\text{ZnO}$ 量の増加に伴ってボトム温度は高温側へシフトするが、 $\text{ZnO}$ 量が12～20mol%の範囲内にある場合には、ボトム温度を60～130℃の範囲に設定することができる。望ましい $\text{ZnO}$ の量は13～19mol%、さらに望ましい $\text{ZnO}$ の量は14～18mol%である。

## 【0014】

$\text{LiO}_{0.5}$ は、100℃における飽和磁束密度を向上させるのに有効である。但し、4mol%以上を超えて含有させると、損失が大きくなるとともに、100℃における飽和磁束密度が添加前と同等以下のレベルまで低下してしまう。したがって本発明では、 $\text{LiO}_{0.5}$ の量を4mol%未満とする。望ましい $\text{LiO}_{0.5}$ の量は0.2～3.5mol%、さらに望ましい $\text{LiO}_{0.5}$ の量は0.5～3mol%である。

本発明のフェライト材料は主成分として、上記以外に実質的な残部として $\text{MnO}$ を含む。

## 【0015】

つぎに、副成分の限定理由について説明する。

本発明のフェライト材料は、第1副成分としてSiをSiO<sub>2</sub>換算で250 ppm以下（但し、0を含まず）およびCaをCaCO<sub>3</sub>換算で2500 ppm以下（但し、0を含まず）の範囲内で含むことができる。SiおよびCaは、結晶粒界に偏析して高抵抗層を形成して低損失に寄与するとともに焼結助剤として焼結密度を向上する効果を有する。SiがSiO<sub>2</sub>換算で250 ppmを超え、あるいはCaがCaCO<sub>3</sub>換算で2500 ppmを超えると、不連続異常粒成長による損失の劣化が大きい。そこで本発明では、SiをSiO<sub>2</sub>換算で250 ppm以下、CaをCaCO<sub>3</sub>換算で2500 ppm以下とする。一方、SiがSiO<sub>2</sub>換算で80 ppm未満、あるいはCaがCaCO<sub>3</sub>換算で800 ppm未満では上記効果を十分に得ることができないため、SiはSiO<sub>2</sub>換算で80 ppm以上、CaはCaCO<sub>3</sub>換算で800 ppm以上、含有させることが望ましい。さらに望ましいSiおよびCaの含有量はSiはSiO<sub>2</sub>換算で80～200 ppm、CaはCaCO<sub>3</sub>換算で1000～1800 ppm、より望ましいSiおよびCaの含有量はSiはSiO<sub>2</sub>換算で80～150 ppm、CaはCaCO<sub>3</sub>換算で1200～1700 ppmである。

低損失に寄与し、かつ焼結助剤として焼結密度を向上する効果を有するとともに、所定量のSiおよびCaの含有は、高温域における飽和磁束密度の向上にも有効に寄与する。

#### 【0016】

また、SiとCaを複合添加する場合には、Si、CaをそれぞれSiO<sub>2</sub>換算、CaCO<sub>3</sub>換算でSiO<sub>2</sub>/CaCO<sub>3</sub>（重量比）が0.04～0.25、より望ましくは0.05～0.2の範囲になるように設定することが有効である。

#### 【0017】

本発明は第2副成分として、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:400 ppm以下（但し、0を含まず）、ZrO<sub>2</sub>:1000 ppm以下（但し、0を含まず）、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:1000 ppm以下（但し、0を含まず）、In<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:1000 ppm以下（但し、0を含まず）、Ga<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:1000 ppm以下（但し、0を含まず）の一種または二種以上を含むことができる。これらの第2副成分を含有することによって、飽和

磁束密度の向上および／または損失低減という効果を得ることができる。その効果を十分に享受するためには、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{In}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ga}_2\text{O}_5$ は50ppm以上含有させることが望ましい。さらに望ましい含有量は、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ : 80～300ppm、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{In}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ga}_2\text{O}_5$ は200～800ppmである。なお、第2副成分を複合して添加する場合、添加量の合計は1000ppm以下とすることが望ましい。

#### 【0018】

本発明は第3副成分として、 $\text{SnO}_2$ : 10000ppm以下（但し、0を含まず）および $\text{TiO}_2$ : 10000ppm以下（但し、0を含まず）の一種または二種を含むことができる。 $\text{SnO}_2$ および $\text{TiO}_2$ は、結晶粒内、結晶粒界に存在し損失低減の効果がある。10000ppmを超えると、不連続異常粒成長による損失の劣化や飽和磁束密度の低下を招く。そのために本発明では、 $\text{SnO}_2$ および $\text{TiO}_2$ の上限値を各々10000ppmとする。一方、以上の効果を十分享受するためには、第3副成分を500ppm以上含有させることが望ましい。さらに望ましい $\text{SnO}_2$ および $\text{TiO}_2$ の量は1000～8000ppm、より望ましい $\text{SnO}_2$ および $\text{TiO}_2$ の含有量は1000～7000ppmである。なお、第3副成分を複合して添加する場合、添加量の合計は10000ppm以下とすることが望ましい。

#### 【0019】

本発明は第4副成分として、P換算でのPの化合物: 35ppm以下（但し、0を含まず）、 $\text{MoO}_3$ : 1000ppm以下（但し、0を含まず）、 $\text{V}_2\text{O}_5$ : 1000ppm以下（但し、0を含まず）、 $\text{GeO}_2$ : 1000ppm以下（但し、0を含まず）、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ : 1000ppm以下（但し、0を含まず）、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ : 3000ppm以下（但し、0を含まず）の一種または二種以上を含むことができる。第4副成分は、焼結助剤として焼結密度を向上させる効果を有するとともに、低温焼成に寄与する。具体的には、第4副成分を本発明が推奨する範囲内で含めることにより、1340℃以下、さらには約1300℃という比較的低温で焼成を行った場合にも、95%以上の相対密度、480mT以上の飽和磁束密度（測定磁界: 1194A/m）、かつコア損失の最小値を1200kW/

$\text{m}^3$ 以下（測定条件：100kHz、200mT）とすることが可能となる。その効果を十分に享受するためには、 $\text{MoO}_3$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{GeO}_2$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ は50ppm以上、P換算でのPの化合物は5ppm以上含有されることが望ましい。

#### 【0020】

より望ましい含有量は、 $\text{MoO}_3$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$ については700ppm以下、 $\text{GeO}_2$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ については600ppm以下である。 $\text{MoO}_3$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$ のさらに望ましい含有量は100～600ppm、 $\text{GeO}_2$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ のさらに望ましい含有量は100～600ppmである。また、P換算でのPの化合物の望ましい含有量は25ppm以下、さらに望ましい含有量は5～20ppmである。 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ についての望ましい含有量は2500ppm以下、さらに望ましい含有量は200～2000ppmである。なお、第4副成分を複合して添加する場合、添加量の合計は2500ppm以下とすることが望ましい。

#### 【0021】

本発明のフェライト材料は、上述した組成を適宜選択することにより、100℃における飽和磁束密度を480mT以上（測定磁界：1194A/m）、かつコア損失が最小値を示す温度であるボトム温度を60～130℃の範囲に存在させることができる。さらに、100℃における飽和磁束密度を490mT以上（測定磁界：1194A/m）、かつコア損失の最小値を1200kW/ $\text{m}^3$ 以下（測定条件：100kHz、200mT）とすることができる。特に、望ましい組成を選択することにより、100℃における飽和磁束密度を490mT以上（測定磁界：1194A/m）、コア損失の最小値を1100kW/ $\text{m}^3$ 以下（測定条件：100kHz、200mT）という従来では得ることのできなかった特性を得ることができる。

#### 【0022】

本発明のフェライト材料は、以上の特性に加えて、ボトム温度を60～130℃、さらには70～120℃、望ましくは80～120℃の範囲に設定することができる。したがって、本発明のフェライト材料を用いたフェライト部品は、その実用的な使用温度帯域にボトム温度が存在することになる。しかも本発明のフ

ェライト材料は、室温における初透磁率が600、さらには700以上という高い値を有している。

#### 【0023】

次に、本発明によるフェライト材料にとって好適な製造方法を説明する。

主成分の原料としては、酸化物または加熱により酸化物となる化合物の粉末を用いる。具体的には、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 粉末、 $\text{Mn}_3\text{O}_4$ 粉末、 $\text{ZnO}$ 粉末および $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 粉末等を用いることができる。各原料粉末の平均粒径は $0.1 \sim 3.0 \mu\text{m}$ の範囲で適宜選択すればよい。

主成分の原料粉末を湿式混合した後、仮焼きを行う。仮焼きの温度は $800 \sim 1000^\circ\text{C}$ の範囲内での所定温度で、また雰囲気は $\text{N}_2$ または大気とすればよい。仮焼きの安定時間は $0.5 \sim 5.0$ 時間の範囲で適宜選択すればよい。仮焼き後、仮焼き体を例えば、平均粒径 $0.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$ 程度まで粉砕する。なお、本発明では、上述の主成分の原料に限らず、2種以上の金属を含む複合酸化物の粉末を主成分の原料としてもよい。例えば、塩化鉄、塩化マンガンを含有する水溶液を酸化培焼することにより $\text{Fe}$ 、 $\text{Mn}$ を含む複合酸化物の粉末が得られる。この粉末と $\text{ZnO}$ 粉末を混合して主成分原料としてもよい。このような場合には、仮焼きは不要である。

#### 【0024】

同様に副成分の原料として、酸化物または加熱により酸化物となる化合物の粉末を用いることもできる。具体的には、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{In}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ga}_2\text{O}_5$ 、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MoO}_3$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{GeO}_2$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ 等を用いることができる。また、第4副成分としてP化合物を選択する場合には、加熱によりP化合物が得られる粉末、例えば $(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$ 等を用いることができる。これら副成分の原料粉末は、仮焼き後に粉砕された主成分の粉末と混合される。但し、主成分の原料粉末と混合した後に、主成分とともに仮焼きに供することもできる。

#### 【0025】

主成分および副成分からなる混合粉末は、後の成形工程を円滑に実行するために顆粒に造粒される。造粒は例えばスプレードライヤを用いて行うことができる。

。混合粉末に適当な結合材、例えばポリビニルアルコール（PVA）を少量添加し、これをスプレードライヤで噴霧、乾燥する。得られる顆粒の粒径は80～200  $\mu\text{m}$ 程度とすることが望ましい。

#### 【0026】

得られた顆粒は、例えば所定形状の金型を有するプレスを用いて所望の形状に成形され、この成形体は焼成工程に供される。

焼成工程においては、焼成温度と焼成雰囲気を制御する必要がある。

焼成温度は1250～1450℃の範囲から適宜選択することができるが、本発明のフェライト材料の効果を十分引き出すには、1300～1400℃の範囲で焼成することが望ましい。

#### 【0027】

本発明によるフェライト材料は、93%以上、さらに望ましくは95%以上の相対密度を得ることができる。

本発明によるフェライト材料は、平均結晶粒径は5～30  $\mu\text{m}$ の範囲とすることが望ましい。結晶粒径が小さいとヒステリシス損失が大きくなり、一方結晶粒径が大きいと渦電流損失が大きくなるからである。望ましい平均結晶粒径は8～25、より望ましい平均結晶粒径は10～20  $\mu\text{m}$ である。

#### 【0028】

##### 【実施例】

以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。

##### （第1実施例）

表1に示す組成を有するフェライトコアを作製した。

主成分の原料には、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 粉末、 $\text{MnO}$ 粉末、 $\text{ZnO}$ 粉末および $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 粉末を用い、これらを湿式混合した後、900℃で2時間仮焼した。

次いで、主成分の原料の仮焼物と副成分の原料とを混合した。副成分の原料には、 $\text{SiO}_2$ 粉末、 $\text{CaCO}_3$ 粉末、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 粉末を用いた。主成分原料の仮焼物に副成分の原料を添加して、粉碎しながら混合した。粉碎は、仮焼物の平均粒径が約1.5  $\mu\text{m}$ となるまで行った。得られた混合物にバインダを加え、顆粒化した後、成形してトロイダル形状の成形体を得た。

## 【0029】

得られた成形体を酸素分圧制御下において、温度 1350℃（安定部 5 時間、安定部酸素分圧 1%）で焼成することにより、フェライトコアを得た。

また、このフェライトコアを用いて、室温および 100℃における飽和磁束密度（ $B_s$ ，測定磁界：1194 A/m）、コア損失の最小値（ $P_{cv}$ ，測定条件：100 kHz、200 mT）、ボトム温度（B.Temp.）、初透磁率（ $\mu_i$ ，測定温度：25℃、測定周波数 100 kHz）を測定した。その結果を表 1 に併せて示す。また、 $LiO_{0.5}$ 量と 100℃における飽和磁束密度との関係を図 1 に示す。

## 【0030】



【表 1】

試料No.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mol%)	MnO (mol%)	ZnO (mol%)	LiO <sub>0.5</sub> (mol%)	Bs (mT)		P <sub>cv</sub> (kW/m <sup>3</sup> )					B.Temp. (°C)	μ i	
					RT	100°C	25°C	40°C	60°C	80°C	100°C			120°C
比較例1 1	64.0	20.0	16.0	—	592	487	786	654	893	1070	1191	1252	40	1964
	64.0	19.0	16.0	1.0	591	501	1733	1372	883	861	945	1053	80	987
2 比較例2	64.0	18.0	16.0	2.0	579	501	2182	1883	1506	1112	1006	1009	100	737
	64.0	16.0	16.0	4.0	545	487	2910	2694	2425	2162	2033	1866	120	481

焼成: 1350°C、酸素分圧1%

Bs: 飽和磁束密度 (100°C)

RT: 室温

P<sub>cv</sub>: コア損失 (100kHz、200mT)

B.Temp.: ボトム温度

μ<sub>i</sub>: 初透磁率 (25°C)副成分 \*1: SiO<sub>2</sub>:100ppm CaCO<sub>3</sub>:1500ppm Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:200ppm \* SiO<sub>2</sub>の含有量とCaCO<sub>3</sub>の含有量との重量比=0.07

【0031】

まず、100℃における飽和磁束密度に着目する。

表1および図1に示すように、LiO<sub>0.5</sub>量（以下、単に「Li量」という場合がある）が増加するにつれて、100℃における飽和磁束密度が徐々に向上し、Li量が1mol%以上になると、500mT以上の飽和磁束密度を示す。但し、Li量1～2mol%をピークとして、飽和磁束密度は徐々に低下し、Li量が4mol%になると、Li含有なしの場合と同じ値を示す。

以上の結果から、LiO<sub>0.5</sub>量を4mol%未満の範囲内で含有させることで、100℃における飽和磁束密度を490mT以上、さらには500mT以上とすることができることが確認された。望ましいLiO<sub>0.5</sub>量は0.2～3.5mol%、さらに望ましいLiO<sub>0.5</sub>量は0.5～3mol%である。

#### 【0032】

ここで、表1には、100℃における飽和磁束密度とともに、室温における飽和磁束密度も示している。

表1に示すように、室温では、Li含有なしの場合が最も高い飽和磁束密度を示し、Li量が増加するにつれて飽和磁束密度が徐々に低下する。つまり、Liの含有に伴う、室温における飽和磁束密度の変動は、上述した100℃における場合と異なる傾向を示す。

室温における飽和磁束密度と、100℃における飽和磁束密度の比較から、所定量のLi含有による飽和磁束密度の向上という効果は、高温域で得られる特異な効果であることが確認された。

#### 【0033】

次に、表1のコア損失の最小値（P<sub>cv</sub>）およびボトム温度（B.Temp.）に着目する。

表1に示すように、Liの含有により、ボトム温度が高温側にシフトする。そして、Liを所定量含有する本発明によるフェライト材料によれば、ボトム温度を80～120℃の範囲内に設定することができること、その温度範囲におけるコア損失の最小値を1200kW/m<sup>3</sup>以下にすることができることが確認された。

Liを含有しない場合には、ボトム温度が40℃と低い。一方、Li量が4m

0.1%になると、ボトム温度を80～120℃の範囲内に設定することは可能であるが、コア損失が1800 kW/m<sup>3</sup>以上と大きくなってしまう。

#### 【0034】

表1の初透磁率( $\mu_i$ )に着目すると、本発明による試料No. 1、2は、700以上という高い初透磁率を得ていることがわかる。

#### 【0035】

以上の結果から、フェライト焼結体にLiO<sub>0.5</sub>を4mol%未満の範囲内で含有させることで、100℃における飽和磁束密度を向上させることができることがわかった。また、所定量のLiの含有は、ボトム温度を80～120℃の範囲内に設定すること、およびこの温度範囲におけるコア損失の最小値を1200 kW/m<sup>3</sup>以下とする上でも有効であることがわかった。

#### 【0036】

(第2実施例)

第1実施例と同様の工程により、表2に示す組成を有するフェライトコアを製作するとともに、実施例1と同様に特性等を測定した。その結果を表2に併せて示す。

また、表2中、従来例1～4は、特開2000-159523号公報に開示されたMnZn系フェライト材料の特性等を示している。

#### 【0037】

【表 2】

試料No.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mol%)	MnO (mol%)	ZnO (mol%)	LiO <sub>0.5</sub> (mol%)	B <sub>s</sub> (mT)	P <sub>cv</sub> (kW/m <sup>3</sup> )	B.Temp. (°C)	μi	副成分	焼成温度 (°C)
比較例3	60.0	22.5	15.0	2.5	457	1538	60	792	SiO <sub>2</sub> :100ppm CaCO <sub>3</sub> :1500ppm Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :200ppm  * SiO <sub>2</sub> の含有量とCaCO <sub>3</sub> の含有 量との重量比=0.07	1350
3	62.0	18.0	18.0	2.0	487	678	80	1147		
2	64.0	18.0	16.0	2.0	501	1006	100	737		
4	67.0	18.5	14.0	0.5	507	1052	100	713		
比較例4	70.0	14.5	15.0	0.5	466	3111	100	370		
比較例5	67.0	21.0	11.0	1.0	479	1355	80	559	SiO <sub>2</sub> :60ppm、CaCO <sub>3</sub> :700ppm、 Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :250ppm、Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :50ppm	1300
5	65.0	19.0	14.0	2.0	515	1108	100	789		
6	64.0	17.0	18.0	1.0	495	842	100	813		
比較例6	65.0	13.5	21.0	0.5	475	1090	140	521		
従来例1	70.0	15.0	15.0	-	470	3207	140	220		
従来例2	60.0	25.0	15.0	-	456	1431	20	1300	SiO <sub>2</sub> :100ppm、CaCO <sub>3</sub> :700ppm、 Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :300ppm	1300
従来例3	70.0	10.0	20.0	-	468	2618	140	250		
従来例4	70.0	10.0	20.0	-	503	1846	100	490		

Bs : 飽和磁束密度(100°C)      P<sub>cv</sub> : ボトム温度におけるコア損失(100kHz、200mT)

μi : 初透磁率(25°C)

B.Temp. : ボトム温度

【0038】

表2に示すように、本発明によるフェライト材料は、いずれもボトム温度を80～120℃の範囲内に設定することが可能であるとともに、従来例1～3よりも高い480mT以上の飽和磁束密度を有している。その上、本発明によるフェライト材料は、コア損失が1200kW/m<sup>3</sup>以下となっており、従来例対比、コア損失が相当程度低減されていることがわかる。

従来例4は503mTという高い飽和磁束密度を得ているものの、コア損失が1800kW/m<sup>3</sup>以上と大きく、また初透磁率も500未満の値を示す。これに対し、本発明によるフェライト材料によれば、480mT以上の飽和磁束密度および1200kW/m<sup>3</sup>以下のコア損失、600以上の初透磁率を兼備することが可能である。

#### 【0039】

比較例3、試料No. 3、試料No. 2、試料No. 4および比較例4は、この順にFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が増加している。その中で、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が60.0mol%と本発明の範囲より少ない場合、および70.0mol%と本発明の範囲より多い場合に飽和磁束密度が低くかつコア損失が大きいことがわかる。

次に、比較例5、試料No. 5、試料No. 6および比較例6は、この順にZnOが増加している。その中で、ZnOが11.0mol%と本発明の範囲より少ない場合に、コア損失が大きいことがわかる。一方、ZnOが21.0mol%と本発明の範囲より多い場合には、ボトム温度を80～120℃の範囲内に設定することができない。

以上の結果より、ボトム温度を80～120℃の範囲内に設定しつつ、高飽和磁束密度および低コア損失という効果を享受するためには、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を62～68mol%の範囲、ZnOを12～20mol%の範囲に設定することが重要であることが確認された。また、初透磁率( $\mu_i$ )についても、本発明による試料はいずれも700以上という高い値を示す。

#### 【0040】

##### (第3実施例)

第1実施例と同様の工程により、表3に示す組成を有するフェライトコアを製作するとともに、第1実施例と同様に特性等を測定した。その結果を表3に併せ

て示す。

【0041】

【表3】

試料No.	第1副成分		SiO <sub>2</sub> の含有量と CaCO <sub>3</sub> の含有量 との重量比	Bs (mT)	Pcv (kW/m <sup>3</sup> )	B.Temp. (°C)	μi
	SiO <sub>2</sub> (ppm)	CaCO <sub>3</sub> (ppm)					
7	100	1500	0.07	501	861	80	987
8	200	1500	0.13	507	934	80	887
9	150	2000	0.08	498	966	80	914

焼成 : 1350°C、酸素分圧 1%

Bs : 飽和磁束密度 (100°C)

B.Temp. : ボトム温度

Pcv : ボトム温度におけるコア損失 (100kHz、200mT)

μi : 初透磁率 (25°C)

主成分 : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 64 mol%

ZnO : 16 mol%

MnO : 19 mol%

LiO<sub>0.5</sub> : 1 mol%

副成分 : Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 200ppm

【0042】

表3から、第1副成分としてのSiおよびCaの添加量の変動に伴い、飽和磁束密度、コア損失および初透磁率が変動することがわかる。

試料No. 7, 8は、Siの添加量が異なる点を除けば、フェライト焼結体における組成は等しい。ところが、SiO<sub>2</sub>換算でSiを200ppm含有する試料No. 7の方が、SiO<sub>2</sub>換算でSiを100ppm含有する試料No. 8よりも高い飽和磁束密度を示す。この結果から、Siは、飽和磁束密度を向上させる上で有効な添加物であるといえる。

また、試料No. 7と試料No. 9の特性を比較すると、SiおよびCaの添加量がいずれも試料No. 9よりも少ない試料No. 7の方が、高い飽和磁束密度および低いコア損失を示すことから、SiおよびCaを複合添加する場合にも適切な添加量があると推察される。

【0043】

(第4実施例)

第1実施例と同様の工程により、表4に示す組成を有するフェライトコアを製作するとともに、第1実施例と同様に特性等を測定した。その結果を表4に併せ

て示す。

【0044】

【表4】

試料No.	副成分	添加量 (ppm)	Bs (mT)	Pcv (kW/m <sup>3</sup> )	B.Temp. (°C)	$\mu_i$	備考
10	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	200	501	861	80	987	第2副成分
11	ZrO <sub>2</sub>	500	499	850	80	1041	
12	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		500	865	80	1077	
13	In <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		495	1117	80	1008	
14	Ga <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		492	1092	80	985	
15	SnO <sub>2</sub>	1000	489	1099	80	927	第3副成分
16	TiO <sub>2</sub>	3000	485	1048	80	806	
17	GeO <sub>2</sub>	200	492	886	80	997	第4副成分
18	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	500	510	1065	80	712	

焼成 : 1350°C、酸素分圧1%

Bs : 飽和磁束密度(100°C)

B.Temp. : ボトム温度

Pcv : ボトム温度におけるコア損失(100kHz、200mT)

$\mu_i$  : 初透磁率(25°C)

他成分 : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 64 mol%

MnO : 19 mol%

ZnO : 16 mol%

LiO<sub>0.5</sub> : 1 mol%

SiO<sub>2</sub> : 100 ppm

CaCO<sub>3</sub> : 1500 ppm

Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 200ppm

\* SiO<sub>2</sub>の含有量とCaCO<sub>3</sub>の含有量との重量比=0.07

【0045】

表4に示すように、第2副成分(Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、第3副成分(SnO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>)または第4副成分(GeO<sub>2</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)を添加しても、480mT以上の飽和磁束密度および1200kW/m<sup>3</sup>以下のコア損失(Pcv)を兼備することができることがわかった。特に、第2副成分としてのNb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を添加した場合には、500mT近傍の飽和磁束密度および900kW/m<sup>3</sup>以下のコア損失(Pcv)を兼備することができる。また、第4副成分としてのV<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を添加した場合には、510mTという非常に高い飽和磁束密度を得ることができる。

そして、第2副成分(Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、第3副成分(SnO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>)または第4副成分(GeO<sub>2</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)を添加しても、ボトム温度を所望の範囲内に設定することができることがわかった。

## 【0046】

## (第5実施例)

焼成温度を1300℃とし、かつ第4副成分(P換算でのPの化合物、 $\text{MoO}_3$ ,  $\text{GeO}_2$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ )を添加した以外は第1実施例と同様の工程により、表5に示す組成を有するフェライトコアを作製した。第1実施例と同様に特性等を測定した結果を表5に併せて示す。なお、Pを除く第4副成分は酸化物として、Pについてはリン酸カルシウムとして添加した。表5中、PについてはP換算での添加量を示している。また、焼成温度を1300℃とするが第4副成分を添加していないフェライトコアの特性、第4実施例で作製した $\text{V}_2\text{O}_5$ を添加した試料No. 18(焼成温度を1350℃)の特性も、比較の便宜のために表5に併せて示す。なお、表5中に示した試料の焼成時間はいずれも5時間、焼成時の酸素分圧は0.5%である。

## 【0047】



【表5】

試料No.	第4副成分	添加量 (ppm)	相対密度 (%)	平均結晶粒径 ( $\mu\text{m}$ )	Bs (mT)	Pcv (kW/m <sup>3</sup> )	B.Temp. (°C)	$\mu_i$	焼成温度 (°C)	酸素分圧 (%)
19	なし	—	96.2	10	482	777	80	1418	1300	0.5
20	P換算 ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ )	20	96.8	16	494	790	80	1027		
21	$\text{MoO}_3$	200	97.4	14	504	987	80	945		
22	$\text{GeO}_2$	500	96.3	11	487	798	80	1065		
23	$\text{Bi}_2\text{O}_3$	500	96.7	17	495	1011	80	1054		
24	$\text{Sb}_2\text{O}_3$	1000	97.2	12	500	828	80	1195		
25	$\text{V}_2\text{O}_5$	500	96.5	15	492	923	80	1061		
18	$\text{V}_2\text{O}_5$	500	—	—	510	1065	80	712	1350	1

Bs : 飽和磁束密度 (100°C)

Pcv : ボトム温度におけるコア損失 (100kHz、200mT)

B.Temp. : ボトム温度

 $\mu_i$  : 初透磁率 (25°C)他成分 :  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  : 64 mol%    $\text{MnO}$  : 19 mol%    $\text{ZnO}$  : 16 mol%    $\text{LiO}_{0.5}$  : 1 mol% $\text{SiO}_2$  : 100 ppm    $\text{CaCO}_3$  : 1500 ppm $\text{Nb}_2\text{O}_5$  : 200ppm\*  $\text{SiO}_2$ の含有量と $\text{CaCO}_3$ の含有量との重量比=0.07

試料No. 19と試料No. 20～25を比較すると、第4副成分を添加することによって、飽和磁束密度 ( $B_s$ ) が向上した。しかも、第4副成分を添加した試料No. 20～25はいずれも  $1100 \text{ kW/m}^3$  以下のコア損失 ( $P_{cv}$ ) を得ている。よって、第4副成分の添加は、コア損失 ( $P_{cv}$ ) の上昇を抑えつつ、飽和磁束密度 ( $B_s$ ) を向上させる上で有効であるといえる。特に、 $\text{MoO}_3$  を  $200 \text{ ppm}$  添加した試料No. 21、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$  を  $1000 \text{ ppm}$  添加した試料No. 24については、 $1300^\circ\text{C}$  という比較的低温な焼成温度においても、 $500 \text{ mT}$  近傍の高い飽和磁束密度 ( $B_s$ ) を示しつつ、 $1000 \text{ kW/m}^3$  以下のコア損失 ( $P_{cv}$ ) を得ている。

また、ボトム温度 (B.Temp.) に着目すると、第4副成分を添加した場合も、ボトム温度を  $80^\circ\text{C}$  という所望の範囲内の温度に設定することができることがわかる。さらに、初透磁率 ( $\mu_i$ ) についても、本発明による実施例は、従来例と同等の値を得ていることがわかる。

#### 【0049】

次に、試料No. 25と試料No. 18との比較を行う。両者は、焼成条件が異なる以外は同一の条件で作製されたものである。 $1350^\circ\text{C}$  で焼成された試料No. 18の方が、高い飽和磁束密度 ( $B_s$ ) を得ていることを鑑みると、焼成温度を高くすることは飽和磁束密度 ( $B_s$ ) を向上させる上では有利であるといえる。その一方で、焼成温度が高くなると、コア損失 ( $P_{cv}$ ) が大きく、また初透磁率 ( $\mu_i$ ) が低下する傾向があると伺えることから、低損失、高飽和磁束密度 ( $B_s$ ) および高い初透磁率 ( $\mu_i$ ) という特性を兼備したフェライト材料を得るためには、比較的低い温度で焼成された場合にも、高い飽和磁束密度 ( $B_s$ ) を示すことが重要である。

ここで、表5に示したように、第4副成分を添加した試料No. 20～25はいずれも  $1300^\circ\text{C}$  という比較的低温な焼成温度においても、 $490 \text{ mT}$  以上という高い飽和磁束密度 ( $B_s$ ) を得ていることから、第4副成分はいずれも焼結助剤として有効に機能することがわかった。

以上の結果から、第4副成分は焼結助剤として有効であり、第4副成分を添加することによって、焼成温度が  $1300^\circ\text{C}$  の場合であっても、95%以上の相対

密度、490 mT以上の飽和磁束密度 ( $B_s$ ) および1100 kW/m<sup>3</sup>以下のコア損失 ( $P_{cv}$ ) を達成することができることがわかった。また、第4副成分を添加した場合にも、ボトム温度 (B.Temp.) を所望の温度範囲内 (60～130℃) に設定することができることも確認できた。

#### 【0050】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、一般的なトランス等が使用される温度帯域における飽和磁束密度が高く、かつ損失が低いフェライト材料を得ることができる。

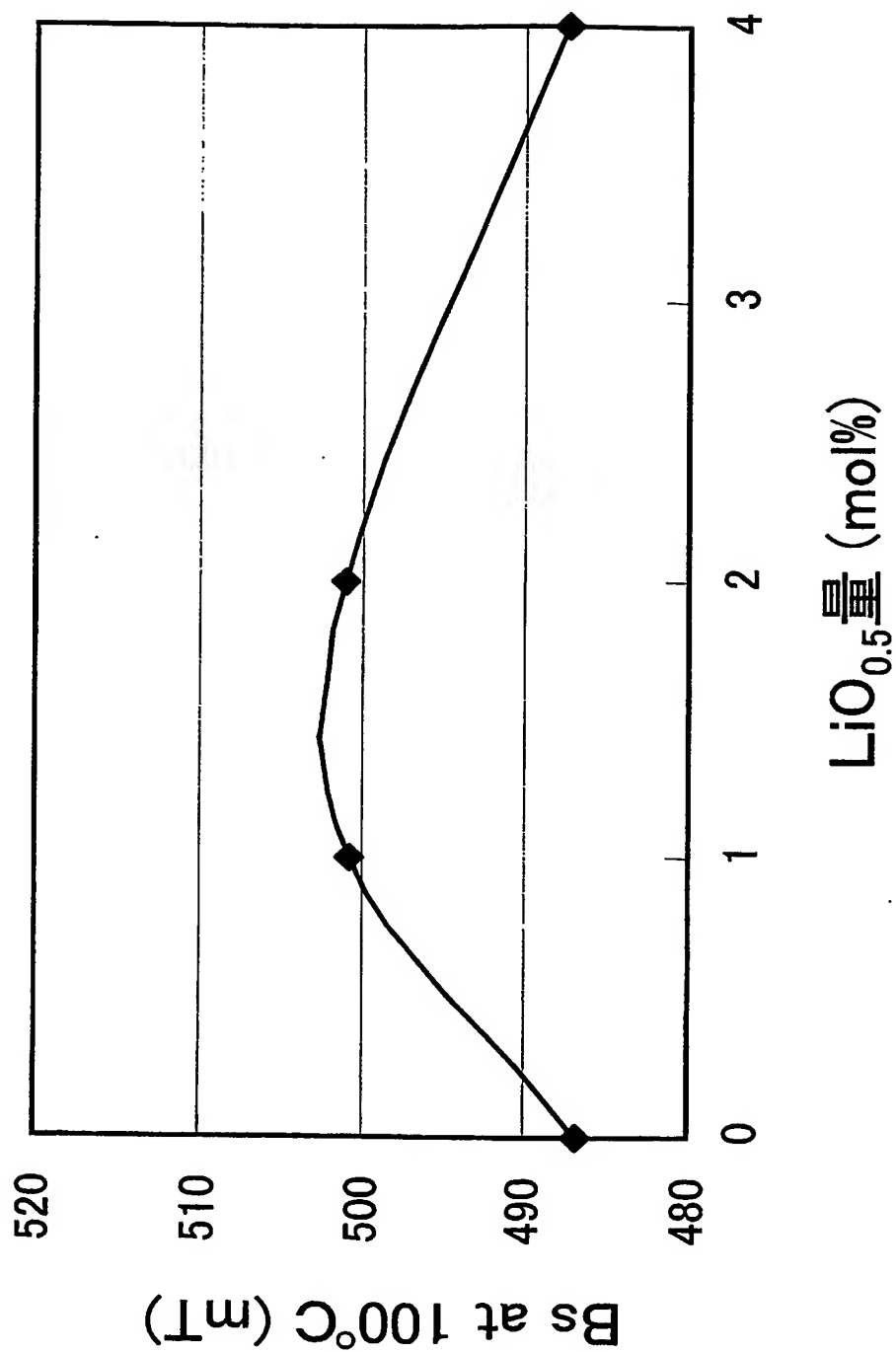
##### 【図面の簡単な説明】

【図1】 Li量と100℃における飽和磁束密度との関係を示すグラフである。

【書類名】

図面

【図 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 100℃近傍の高温域における飽和磁束密度が高く、かつ損失が低いフェライト材料を提供する。

【解決手段】  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 62～68mol%、 $\text{ZnO}$ : 12～20mol%、 $\text{LiO}_{0.5}$ : 4mol%未満（但し、0を含まず）、残部実質的に $\text{MnO}$ を主成分とする焼結体とする。この焼結体によれば、100℃における飽和磁束密度が490mT以上（測定磁界：1194A/m）、コア損失の最小値が1200kW/m<sup>3</sup>以下（測定条件：100kHz、200mT）、コア損失が最小値を示す温度であるボトム温度が60～130℃という特性を得ることができる。

【選択図】 図1

特願 2003-195397

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003067]

- |          |                   |
|----------|-------------------|
| 1. 変更年月日 | 1990年 8月30日       |
| [変更理由]   | 新規登録              |
| 住 所      | 東京都中央区日本橋1丁目13番1号 |
| 氏 名      | ティーディーケイ株式会社      |
|          |                   |
| 2. 変更年月日 | 2003年 6月27日       |
| [変更理由]   | 名称変更              |
| 住 所      | 東京都中央区日本橋1丁目13番1号 |
| 氏 名      | TDK株式会社           |